

DRIEOGIGE VISSSEN EN ANDERE MUTANTEN - DRIE JAAR NA DE FUKUSHIMA RAMP

Daan Laméris
Bachelor of Science (BSc)
(Gedragsbiologie, Universiteit Utrecht
Vrijwilliger Sea First

KERNCENTRALE FUKUSHIMA DAI-ICHI

Op 11 maart 2011 werd Japan getroffen door een onderzeese aardbeving met een sterkte van 9.0 op de schaal van Richter. Aardbevingen met een vergelijkbare sterkte zijn slechts vier keer eerder waargenomen. Als gevolg van deze aardbeving werd het vaste land van Japan getroffen door een tsunami die op sommige plekken een hoogte bereikte van 40 meter. Zo ook werd de kerncentrale Fukushima Dai-ichi (vanaf hier: Fukushima) geraakt door een 14 meter hoge tsunamigolf. De generatoren die verantwoordelijk waren voor de koeling van de kernreactoren werden beschadigd door de overstroming. Dit resulteerde in oververhitting van de centrale en uiteindelijk in een meltdown van drie van de zes kernreactoren. Een geschatte totale hoeveelheid van 340-800 PBq radioactieve stof kwam vrij uit de kerncentrale (PBq = 10¹⁵ becquerel, de eenheid voor radioactiviteit). Ter vergelijking: bij de kernramp van Tsjernobyl in 1986 kwam zo'n 5300 PBq vrij (Steinhauser, Brandl, & Johnson, 2014). Hoewel de hoeveelheid vrijgekomen radioactieve stof bij Fukushima 'slechts' een tiende was van de hoeveelheid bij Tsjernobyl, was de locatie van Fukushima gevaarlijker voor de mariene ecologie. Gelegen aan de Stille Oceaan, kwam zo'n 80% van de vrijgekomen stof direct in de oceaan terecht (Maderich, Jung, et al., 2014). De overige 20% kwam vrij in de atmosfeer

en werd meegenomen door luchtstromingen.

Drie jaar na de ramp zijn de eerste gegevens over de gevolgen voor mariene organismen gepubliceerd in wetenschappelijke artikelen. Wat is er vandaag de dag te merken van de Fukushima ramp en hoe beïnvloedt dit in het leven in de oceaan?

DE VERSPREIDING VAN RADIO- ACTIEVE ISOTOPEN

Het is geen primeur dat radioactieve isotopen (instabiele varianten van de vaste elementen) onze oceaan vervuilen. Tussen 1950 en 1960 zijn grote hoeveelheden radioactieve isotopen in de oceaan terecht gekomen door het testen van nucleaire wapens in het luchtruim erboven. Naar schatting is zo'n 50% van de radioactieve stof afkomstig van deze testen (Maderich, Jung, et al., 2014). Hoe tegenstrijdig het ook mag klinken, maar dankzij het vrijkomen van deze radioactieve stof is er veel bekend over de verspreiding over de zeeën en het verval ervan. Aan de hand van wiskundige modellen kon, kort na de Fukushima ramp, een voorspelling worden gemaakt over de verspreiding van de radioactieve stof en de gevolgen ervan op mariene organismen.

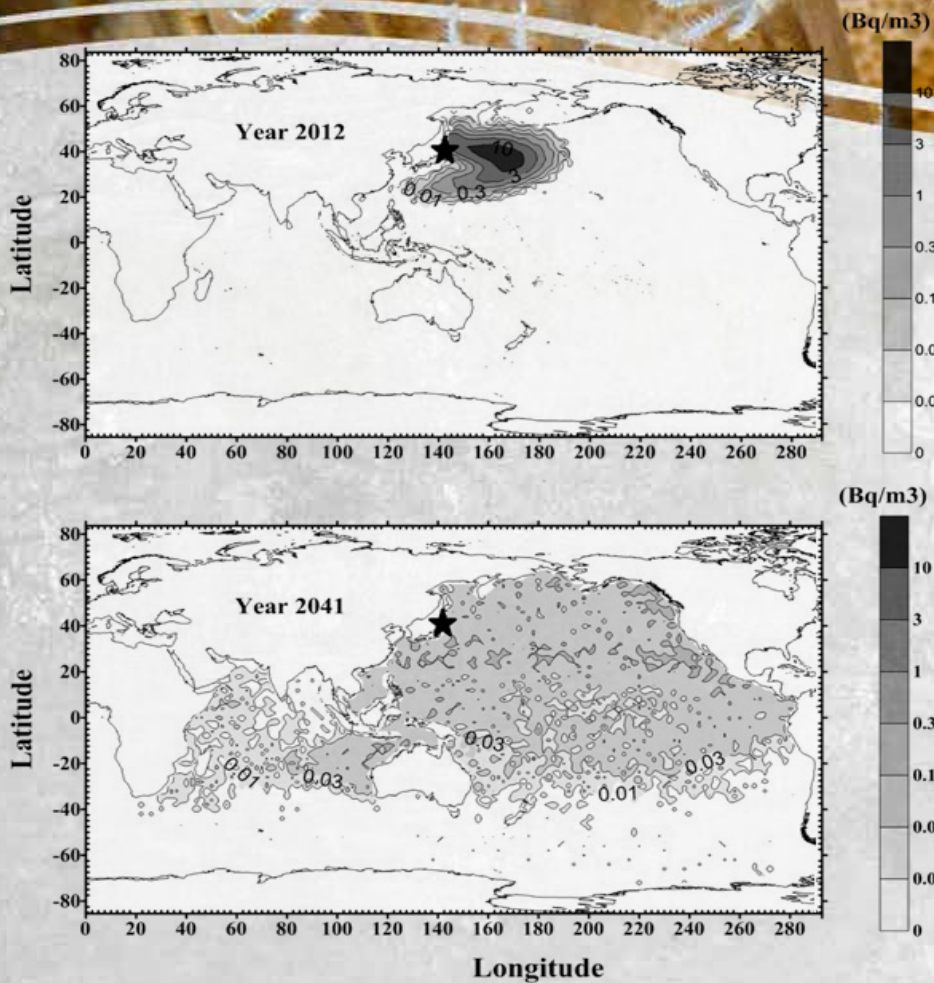
Bij de ramp zijn verschillende soorten isotopen vrijgekomen en elk isotoop heeft een kenmerkende halveringstijd (de tijd waarin een isotoop de helft van zijn activiteit verliest). Afhankelijk van de halveringstijd zal een radioactief isotoop verder meegevoerd worden met oceaanstromingen en zo verspreiden over de wereld. Onder de vrijgekomen isotopen zitten isotopen met een korte halveringstijd, zoals jood-131 met een halveringstijd van slechts acht dagen.



Daan Laméris



De jood-131 isotopen zullen dus beperkte tijd radioactief aanwezig zijn in de oceanen. Er zijn echter ook isotopen vrijgekomen met een veel lange halveringstijd, zoals cesium-137 met een halveringstijd van 30 jaar. (Kryshev, Kryshev, & Sazykina, 2012) In dit artikel zal voornamelijk worden ingegaan op cesium omdat hier het meeste onderzoek naar is gedaan en cesium een lange halveringstijd heeft en dus het langste effect zal hebben. Met behulp van de modellen werd de verspreiding van cesium-137 in kaart gebracht. In figuur 1 is te zien hoe de cesiumdeeltjes zich verspreiden over de oceaan in het jaar 2012 en 2041. Te zien is dat, naar verwachting de cesium deeltjes in 2041 zich over de gehele Stille Oceaan hebben verspreid, maar ook de Indische oceaan hebben vervuild. Hoewel de cesium zich waarschijnlijk zal verspreiden over verschillende oceanen, is ook te zien dat er sprake is van een sterke verdunning van de deeltjes. De verwachting is dat in 2041 de gemiddelde concentratie cesium slechts 0,1 Bq/m³ is en daarmee 'onzichtbaar' zal zijn in verhouding met de aanwezige radioactieve vervuiling (Nakano & Povinec, 2012). Maar wat deze modellen ook verwachten is, dat de eerste jaren na de ramp, de concentraties radioactief



Figuur 1: De voorspelde verspreiding van cesium-137 in het jaar 2012 en 2041. De verschillende grijswaardes geven de intensiteit van vervuiling weer, donkere kleuren zijn sterker bevuild dan lichtere kleuren. (bewerkt, Nakano & Povinec, 2012)

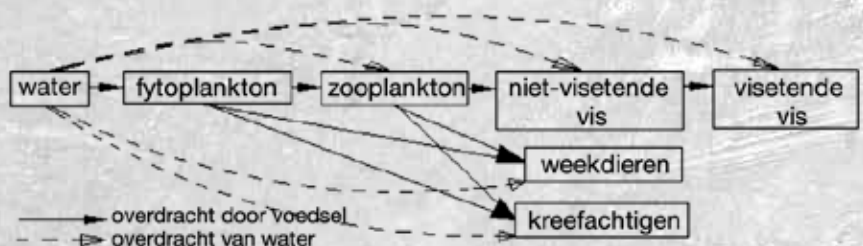
afval hoog zullen zijn in de open oceaan. Onderzoek naar de activiteitsconcentraties van cesium heeft dan ook aangetoond dat de hoogste concentraties radioactiviteit 500-800 km van de kust op de open Stille Oceaan werden gevonden (4,6x de standaard concentratie) (Ramzaev & Nikitin, 2014). Gelukkig was over een tijdsperiode van twee jaar ook duidelijk dat deze concentraties afnamen, zoals de modellen voorspeld hadden. Er is dus goede hoop dat de modellen een betrouwbare voorspelling hebben gemaakt en dat op de lange termijn de schade beperkt zal blijven. De 80% radioactieve stof die direct in de oceaan vrij kwam zal op de lange termijn nauwelijks meetbaar zijn dankzij het verdunningseffect van water. De resterende 20% kwam vrij in de lucht en werd mee-

gevoerd met luchtstromingen. Luchtstromingen verplaatsen zich sneller dan oceaanstromingen en slechts een halve maand na de ramp werden er al radioactieve isotopen in de atmosfeer van Europa en de Verenigde Staten gemeten (Matishov, Il'in, Kasatkina, Usyagina, & Pavel'skaya, 2012). Het gevaar van deze atmosferische vervuiling is dat de radioactieve deeltjes neerdalen in andere wateren. Om te achterhalen of andere zeeën zijn

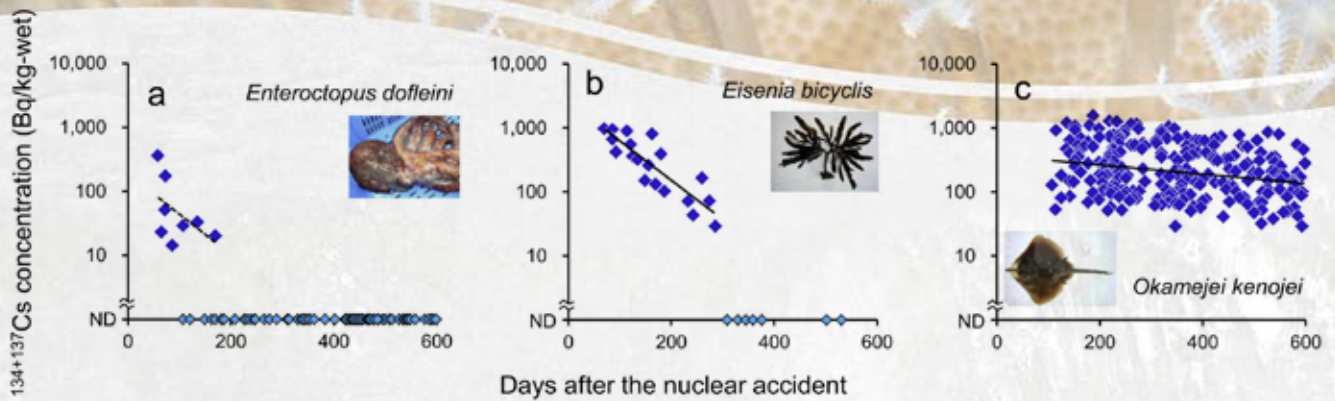
verontreinigd via de atmosfeer, hebben onderzoekers monsters genomen van het water, het sediment en mariene organismen in onder andere de Barentszee (Matishov et al., 2012). Het resultaat van dit onderzoek was dat er geen radioactief afval van Fukushima werd gevonden in de genomen monsters. Hieruit kan geconcludeerd worden dat, wanneer de radioactieve stof in de atmosfeer neerdaalt in het water, dit vrijwel geen impact zal hebben op de ecologie ervan.

DE BESMETTING VAN MARIENE ORGANISMEN

De vrijgekomen atmosferische stof zal naar alle waarschijnlijkheid weinig effect hebben op het leven in de oceaan. Maar wat is het gevolg van de grote hoeveelheid radioactieve stof die direct in het water is afgegeven op mariene organismen? Om te begrijpen wat het effect van de Fukushima ramp op mariene organismen is, is het belangrijk om te begrijpen via welke route het verontreinigde water de dieren kan besmetten. Alle mariene organismen zijn met elkaar verbonden in een voedselketen. Zo'n voedselketen bestaat uit verschillende trofische niveaus die de predator-prooi relatie weergeeft (zie figuur 2). De dieren in het laagste niveau worden gegeten door de dieren in het niveau daarboven waarbij de soorten in het bovenste niveau de ultieme top-predator



Figuur 2: Schema met de overdracht van radioactieve isotopen in het mariene milieu rondom Fukushima. (Maderich, Bezhenar, et al., 2014)



Figuur 3

vormen. De soorten in het allerlaagste niveau zijn de primaire producenten van het ecosysteem. Deze primaire producenten, zoals algen en planten, leven van anorganisch materiaal dat beschikbaar is in hun omgeving. Als de primaire producenten in het mariene milieu rondom Fukushima anorganisch materiaal opnemen vanuit het besmette water, zullen ze tegelijkertijd het radioactieve afval opnemen en kan het ingebouwd worden in het organisme. Het organisme in het trofische niveau daarboven zal het besmette organisme consumeren en op die manier zelf besmet worden. Zo zal er bio-accumulatie ontstaan waarbij soorten in hogere trofische niveaus steeds grotere concentraties radioactief afval innemen. Daarnaast blijven alle soorten in de verschillende trofische niveaus radioactieve isotopen opnemen via het besmette water. Figuur 2 geeft een beeld van zo'n voedselketen met de overdracht van de radioactieve isotopen in de wateren rond Fukushima.

Verschillende onderzoeken zijn uitgevoerd om te achterhalen wat de concentratie radioactieve stof in verschillende mariene organismen is. Kort na de ramp toonden de eerste onderzoeksteams aan dat de opnamesnelheid van radiatie voor verschillende soorten (waaronder: kreeftachtigen, openwater vissen, bodemvissen, algen, weekdieren en borstelwormen) veel hoger was dan aanbevolen werd (Keum, Kim, Lim, & Choi, 2014). Biochemisch

gezien lijkt cesium sterk op kalium dat van nature in dieren voorkomt en uitgescheiden kan worden. Mits de cesiumconcentraties niet te hoog zijn, kan de cesium worden uitgescheiden voordat het wordt ingebouwd in dierlijk weefsel. Echter, door de te hoge opnamesnelheid werd de cesium in de mariene organismen rondom Fukushima opgenomen in hun weefsel. In een ander onderzoek kwam dan ook duidelijk naar voren dat in 2011, de cesiumconcentratie in 63 van de 169 geëvalueerde soorten hoger was dan werd aanbevolen (Wada *et al.*, 2013). In 2012 was dat aantal gedaald tot 41. Dit is een significante afname van bijna 35% en dus een goed teken voor de gezondheid van de oceaan. Maar de afname in concentratie is soortspecifiek en is sterk afhankelijk van verschillende factoren. De afname van cesiumconcentratie in bodemvissen is bijvoorbeeld een stuk lager vergeleken met andere soorten (zie figuur 3). Dit zou betekenen dat deze soorten herhaaldelijk cesium opnemen en dat de cesium dus neerslaat op de bodem. Deze gedachte kwam overeen met het resultaat dat ondiepe wateren hogere concentraties aan cesium bevatten (Wada *et al.*, 2013). Het gevaar van de vrijgekomen cesium is dan ook dat het zich zal binden aan biologisch materiaal en zal ophopen op de oceanbodem waarna het beschikbaar is voor de consumptie van diverse bodemorganismen.

Conclusie

Men kan er niet om heen dat de ramp van Fukushima zijn impact heeft gehad op de natuur. Veel radioactieve stof is opgenomen in de aangrenzende mariene ecologie. Direct na de ramp was de radioactieve concentratie in mariene organismen hoog, zelfs zodanig hoog dat op bepaalde vissoorten een visverbod werd afgegeven omdat de consumptie van deze soorten mogelijk de volksgezondheid konden schaden. Met deze gegevens, en de opblazende kracht van de media, werden veel mensen bang gemaakt voor de mogelijke gevolgen van de ramp. Een paar jaar verder hebben onderzoekers gelukkig kunnen aantonen dat de gevolgen van Fukushima misschien minder erg zijn dan in eerste instantie werd gedacht. Dankzij het verdunningseffect van de oceaan zal de radioactieve stof op de lange termijn niet meer meetbaar zijn. Ook het aantal organismen met een te hoog radioactieve concentratie is binnen een paar jaar al significant verminderd. Vanzelfsprekend moet een dergelijke ramp in de toekomst voorkomen worden maar misschien zijn wij, en de oceaan, er dit keer relatief goed vanaf gekomen.